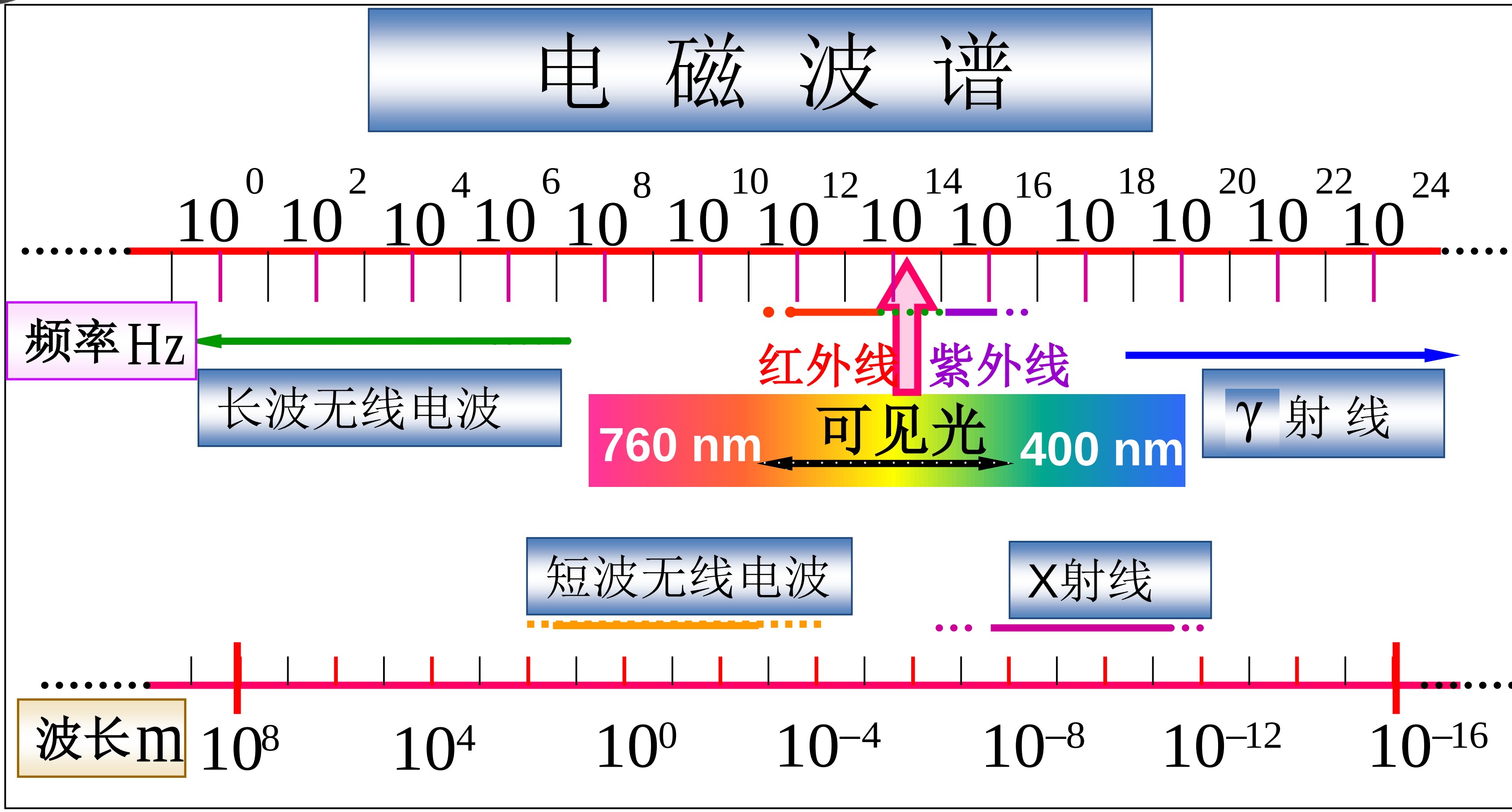
一　光是一种电磁波

平面电磁波方程 $\begin{cases} E = E_0 \cos\omega(t - \dfrac{r}{u}) \\ H = H_0 \cos\omega(t - \dfrac{r}{u}) \end{cases}$

光矢量　$\boldsymbol{E}$ 矢量能引起人眼视觉和底片感光，叫做光矢量.

- 电磁波的**能流密度(坡印廷)矢量** $\boxed{\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}}$

相对光强　$I = E^2$



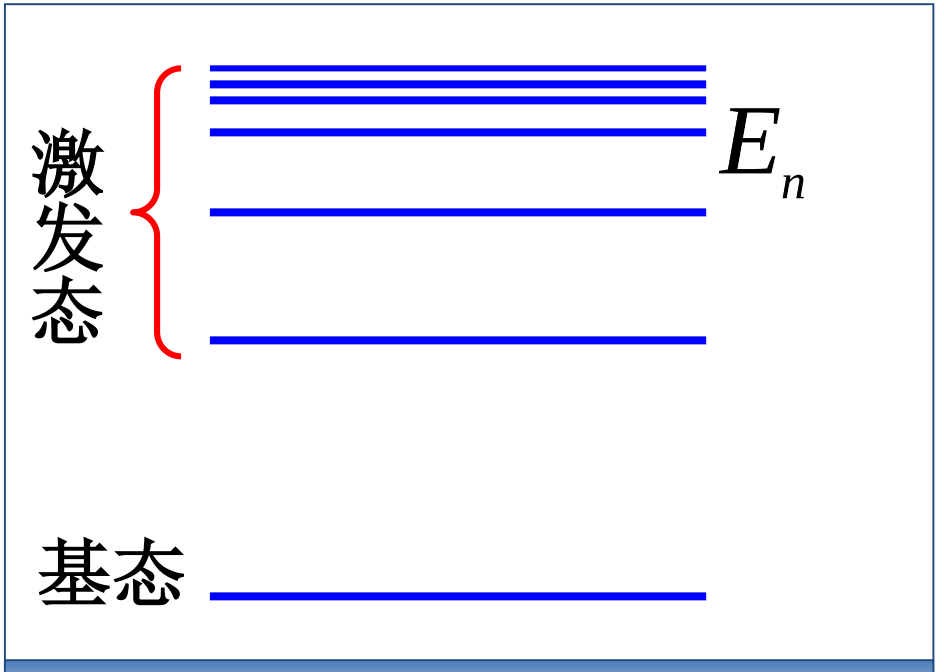
可见光的范围

$$\begin{cases} \lambda: 400 \sim 760 \quad \text{nm} \\ \nu: 7.5\times10^{14} \sim 4.3\times10^{14}\ \text{Hz} \end{cases}$$

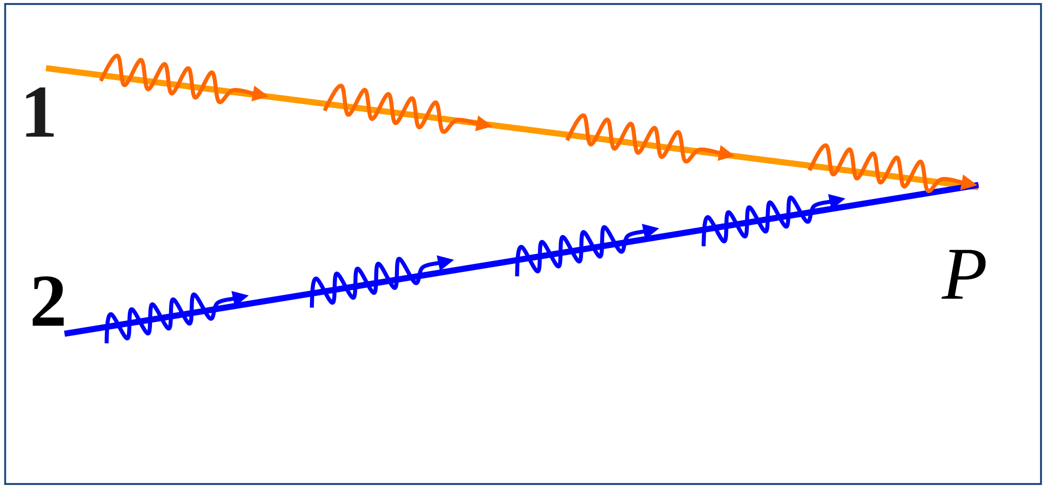
二 相干光

1 普通光源的发光机制

$$\Delta E = h\nu$$



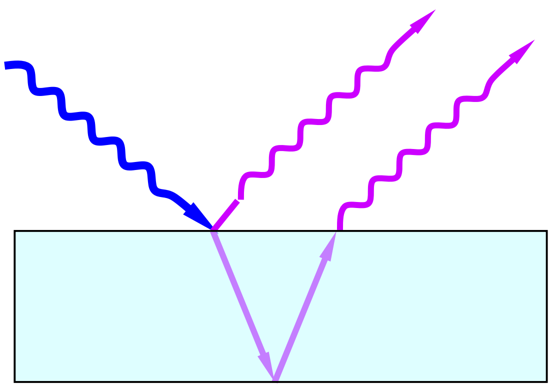
原子能级及发光跃迁



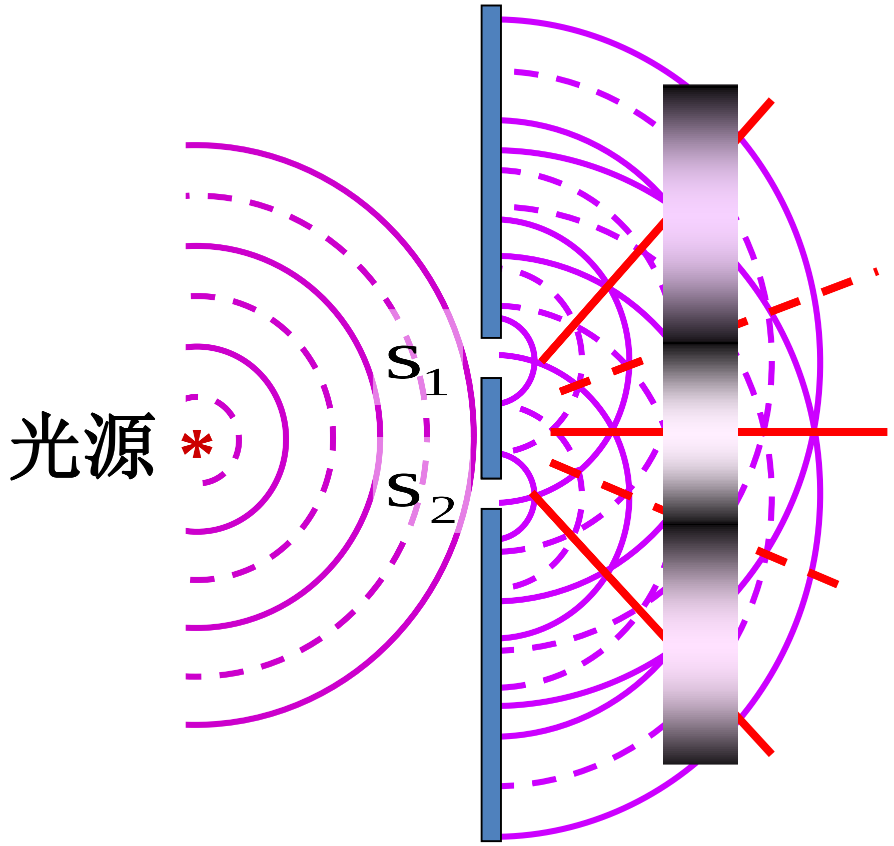
普通光源发光**特点**： 原子发光是断续的，每次发光形成一个短短的波列，各原子各次发光相互独立，各波列互不相干.

2 相干光的产生

振幅分割法



波阵面分割法



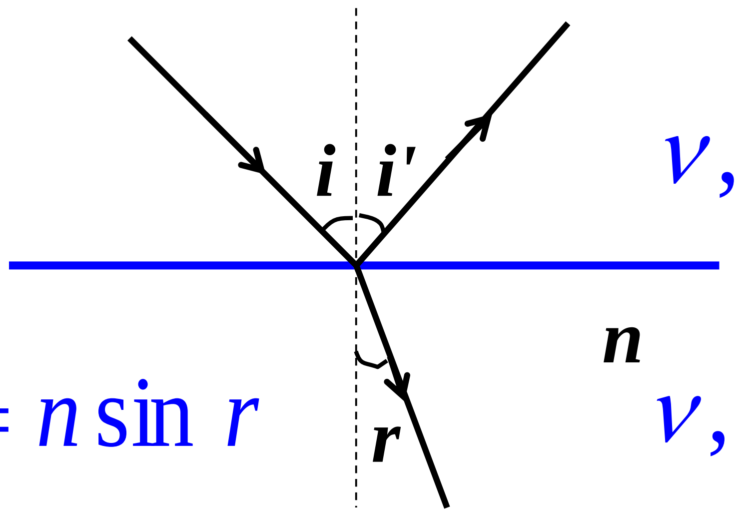
三 光程和光程差

- 真空中的光速

$$c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$$

- 介质中的光速

$$u=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}=\frac{c}{n}$$



$i'=i$

ν,λ 真空中的波长

$\sin i=n\sin r$

$\nu,\lambda_n=\frac{\lambda}{n}$ 介质中的波长

$$\vec{E}=\vec{E}_0\cos(\omega t-kr+\varphi)$$

$$\Phi=\omega t-kr+\varphi$$

$$\Delta\Phi=\Delta\varphi-k\Delta r=\Delta\varphi-\frac{2\pi}{\lambda_n}\cdot L$$

$$\frac{2\pi}{\lambda_n}\cdot L=\frac{2\pi}{\lambda}\cdot nL$$

光程

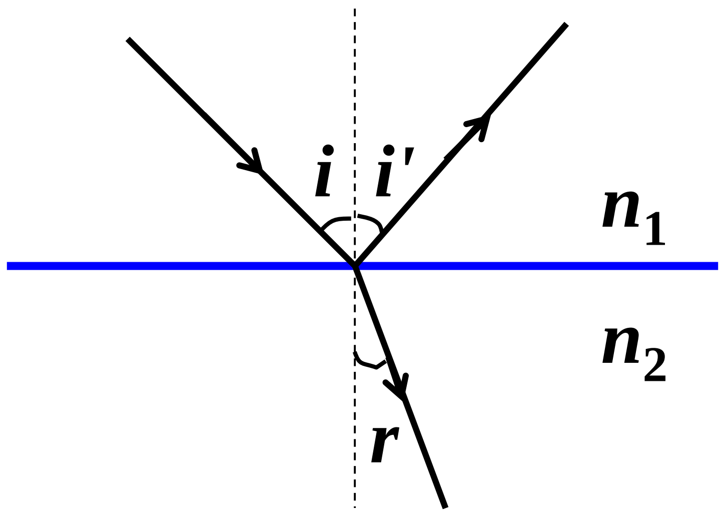
（1）光在折射率n的介质中，通过的几何路程L所引起的相位变化，相当于光在真空中通过nL的路程所引起的相位变化。

（2）光程差引起的相位变化为$\Delta\Phi = \dfrac{2\pi}{\lambda}\cdot\Delta$

其中Δ为光程差，λ为真空中光的波长

附加光程差 $\dfrac{\lambda}{2}$

两束光（反射光）由于相位突变所引起的光程差。

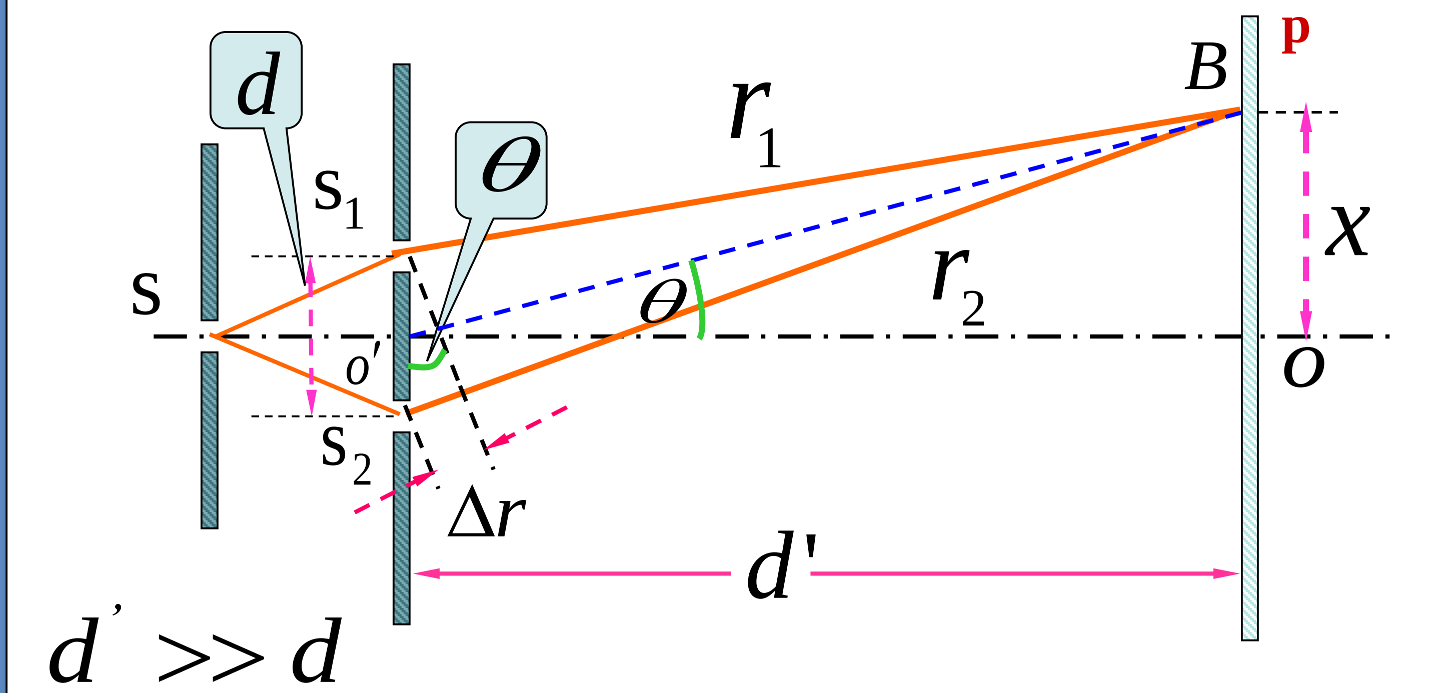


$n_1 < n_2$

正入射或掠入射 $i \approx 0, i \approx \dfrac{\pi}{2}$

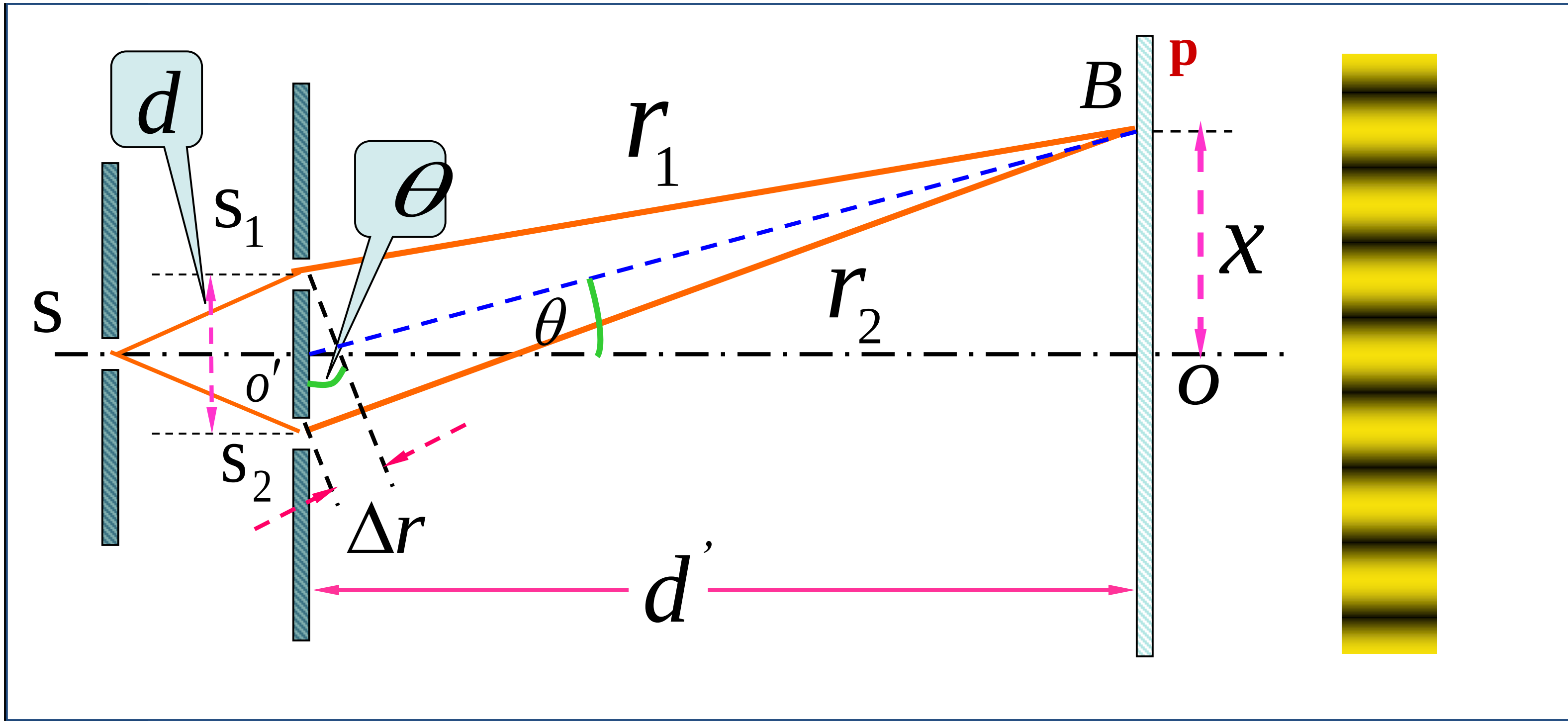
一 杨氏双缝干涉

实验装置

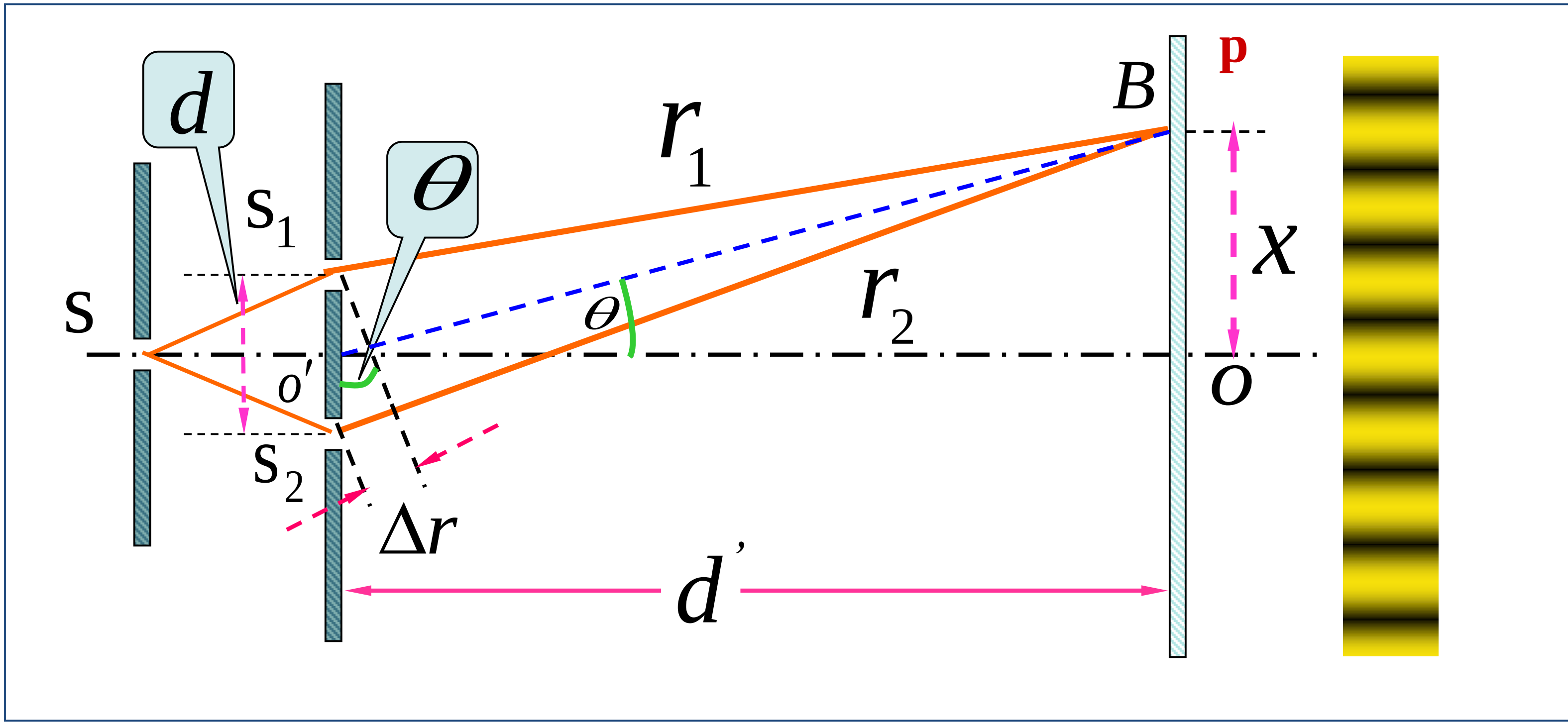


$$\sin\theta \approx \tan\theta = x/d'$$

波程差 $\Delta r = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta = d\dfrac{x}{d'}$



$$\Delta r = d\frac{x}{d'} = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{加强} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{减弱} \end{cases} \qquad k = 0,1,2,\cdots$$



$$x = \begin{cases} \pm k \dfrac{d'}{d} \lambda & \text{明纹} \\ \pm \dfrac{d'}{d} (2k+1) \dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases} \qquad k = 0,1,2,\cdots$$

明、暗条纹的位置

$$x=\begin{cases}\pm k\dfrac{d'}{d}\lambda & \text{明纹}\\[2ex] \pm\dfrac{d'}{d}(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹}\end{cases}\qquad k=0,1,2,\cdots$$

白光照射时，出现彩色条纹

讨论

条纹间距 $\Delta x=\dfrac{d'\lambda}{d}\quad(\Delta k=1)$

例1 以单色光照射到相距为0.2 mm的双缝上，双缝与屏幕的垂直距离为1 m.

(1) 从第一级明纹到同侧的第四级明纹间的距离为7.5 mm，求单色光的波长；

(2) 若入射光的波长为600 nm, 中央明纹中心距离最邻近的暗纹中心的距离是多少？

已知 $d = 0.2\ \text{mm}$ $d' = 1\ \text{m}$

求 (1) $\Delta x_{14} = 7.5\ \text{mm}$ $\lambda = ?$

(2) $\lambda = 600\ \text{nm}$ $\Delta x' = ?$

解 (1) $x_k = \pm \dfrac{d'}{d} k\lambda, \quad k = 0,\ 1,\ 2, \cdots$

$$\Delta x_{14} = x_4 - x_1 = \frac{d'}{d}(k_4 - k_1)\lambda$$

$$\lambda = \frac{d}{d'}\frac{\Delta x_{14}}{(k_4 - k_1)} = 500\ \text{nm}$$

(2) $\Delta x' = \dfrac{1}{2}\dfrac{d'}{d}\lambda = 1.5\ \text{mm}$

二 杨氏双缝干涉的光强分布

两狭缝发出的光波叠加后的振幅为

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\phi_2-\phi_1)}$$

其中 $\phi_2-\phi_1=2\pi\dfrac{\Delta r}{\lambda}$.

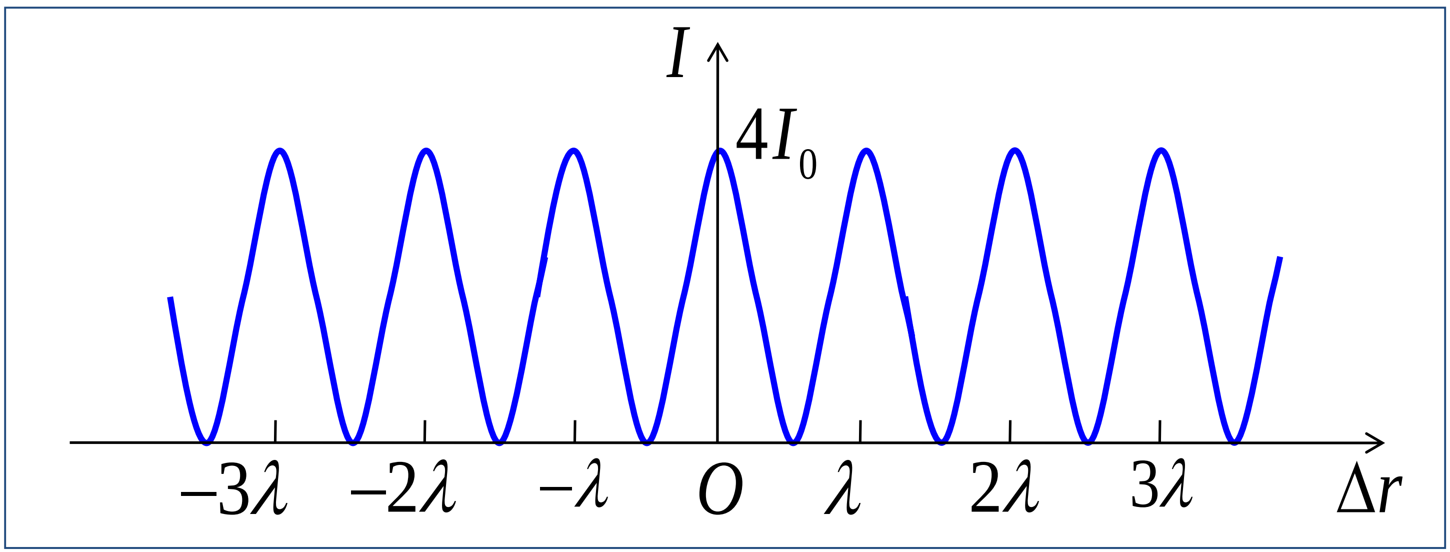
而叠加后的光强为

$$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos(\phi_2-\phi_1)$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos(\phi_2 - \phi_1)$$

假定$A_1=A_2=A_0$，则$I_1=I_2=I_0$，可得

$$I = 4I_0\cos^2\left(\pi\frac{\Delta r}{\lambda}\right)$$



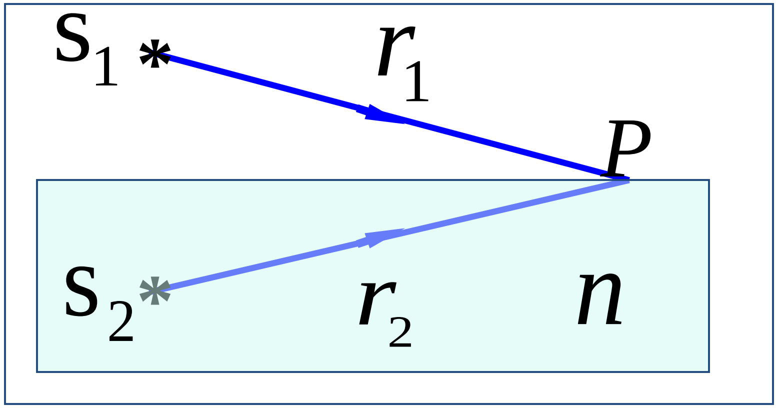
三 光程和光程差

(1) 光程

介质折射率与光的几何路程之积 = nr

物理意义： 光在介质中通过的几何路程折算到真空中的路程.

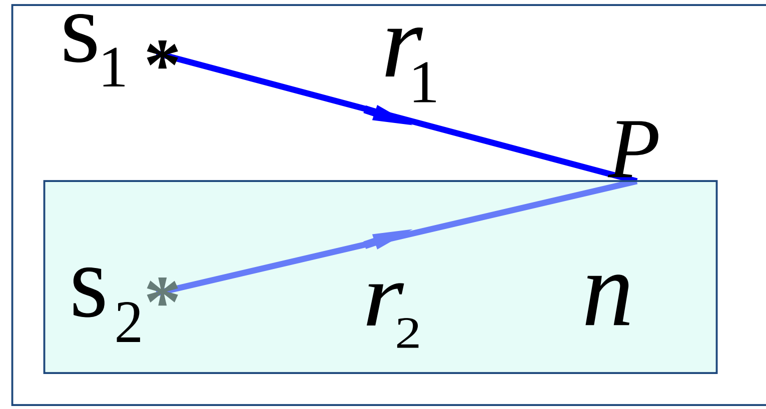
$$\boxed{\frac{r}{\lambda'}=\frac{nr}{\lambda}}$$



(2) 光程差 (两光程之差)

光程差 $\varDelta = nr_2 - r_1$

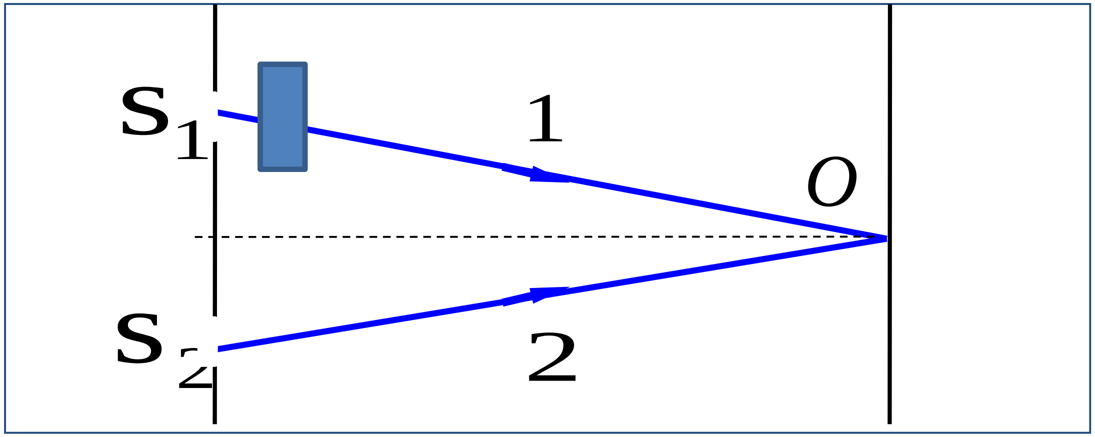
相位差 $\Delta\varphi = 2\pi\dfrac{\varDelta}{\lambda}$



➤ 干涉加强 $\begin{cases} \varDelta = \pm k\lambda, \quad k = 0,1,2,\cdots \\ \Delta\varphi = \pm 2k\pi, \; k = 0,1,2,\cdots \end{cases}$

➤ 干涉减弱 $\begin{cases} \varDelta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 0,1,2,\cdots \\ \Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi, \; k = 0,1,2,\cdots \end{cases}$

例2 在杨氏双缝干涉实验中，用波长550nm的单色光垂直照射在双缝上. 若用一厚度为$e=6.6\mu m$、折射率为$n=1.58$的云母片覆盖在狭缝上方，问：(1) 屏上干涉条纹有什么变化？ (2) 屏上中央0点现在是明纹还是暗纹？



解 （1） 干涉条纹向上平移

（2） 由于云母片的覆盖导致两光线在O点光程差为 $\Delta=(n-1)e.$

令$(n-1)e=k\lambda$，有

$$k=\frac{(n-1)e}{\lambda}\approx 7$$

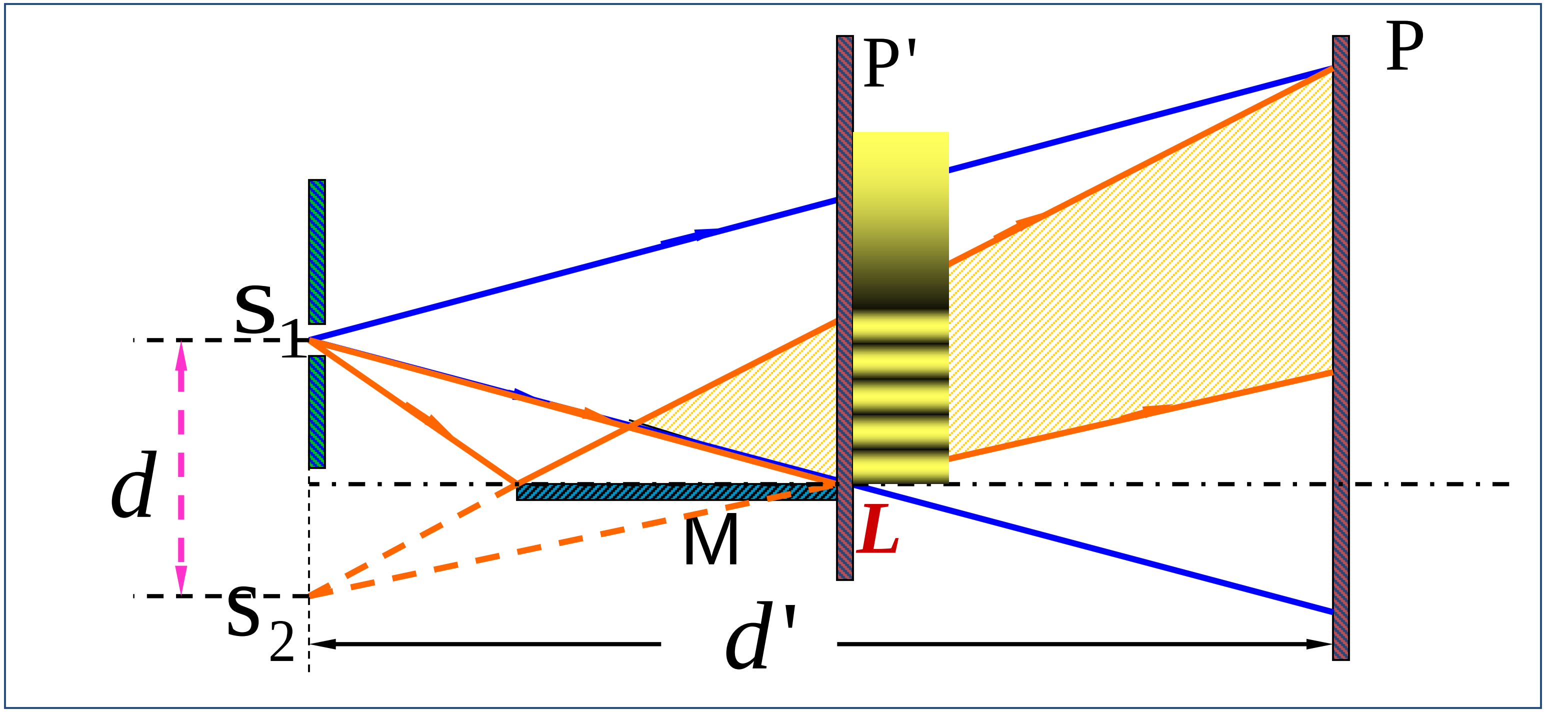
O点处对应原来第7级明纹.

四 缝宽对干涉条纹的影响 空间相干性

实验观察到，随缝宽的增大，干涉条纹变模糊，最后消失.

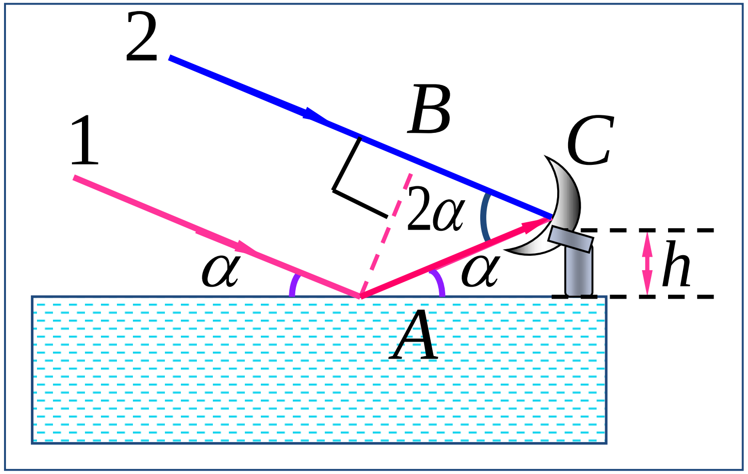
空间相干性

五 劳埃德镜



半波损失：光由光速较大的介质射向光速较小的介质时，反射光位相突变 π .

例4 如图 离湖面 $h = 0.5\ \mathrm{m}$处有一电磁波接收器位于 C，当一射电星从地平面渐渐升起时， 接收器断续地检测到一系列极大值．已知射电星所发射的电磁波的波长为 20.0 cm, 求第一次测到极大值时，射电星的方位与湖面所成角度.



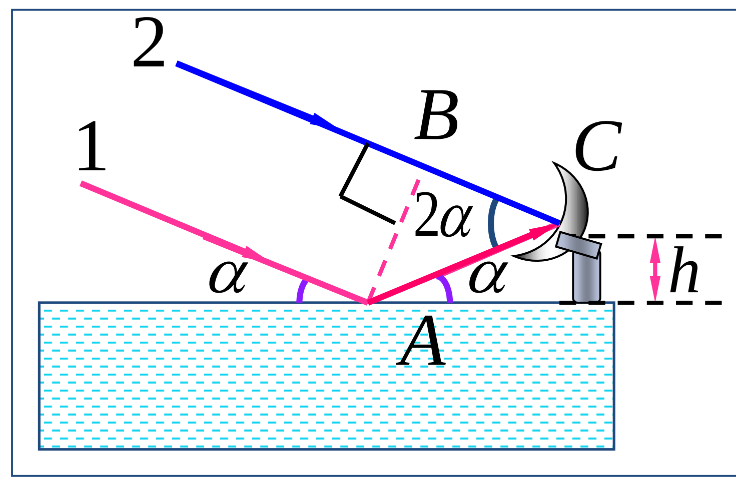
解 计算波程差

$$\Delta r = AC - BC \boxed{+\frac{\lambda}{2}} = AC(1-\cos 2\alpha)+\frac{\lambda}{2}$$

$$AC = h/\sin\alpha$$

$$\Delta r = \frac{h}{\sin\alpha}(1-\cos 2\alpha)+\frac{\lambda}{2}$$

极大时 $\Delta r = k\lambda$



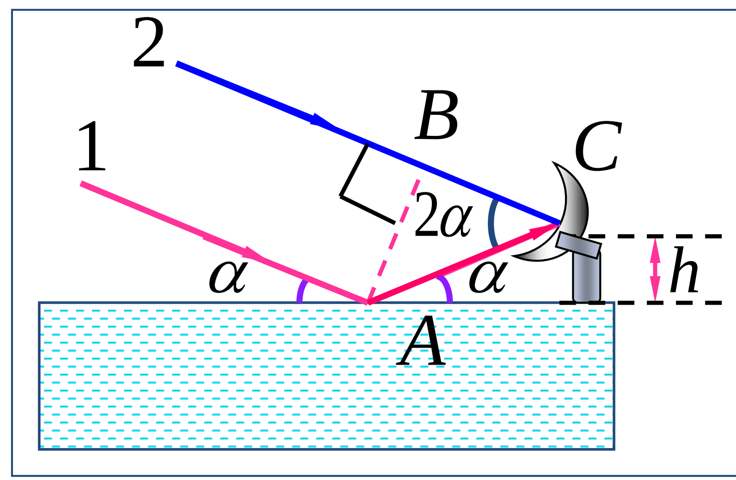
$$\sin\alpha = \frac{(2k-1)\lambda}{4h}$$

取 $k=1$ $\quad \alpha_1 = \arcsin\frac{\lambda}{4h}$

$$\alpha_1 = \arcsin\frac{20.0\times10^{-2}\ \mathrm{m}}{4\times0.5\ \mathrm{m}} = 5.74^\circ$$

注意 考虑半波损失时，附加波程差取

$\pm\lambda/2$ 均可，符号不同，k 取值不同，对问题实质无影响.



$$y = A\cos(\omega t \mp kx + \varphi)$$

$$\Phi(t, x) = \omega t \mp kx + \varphi$$

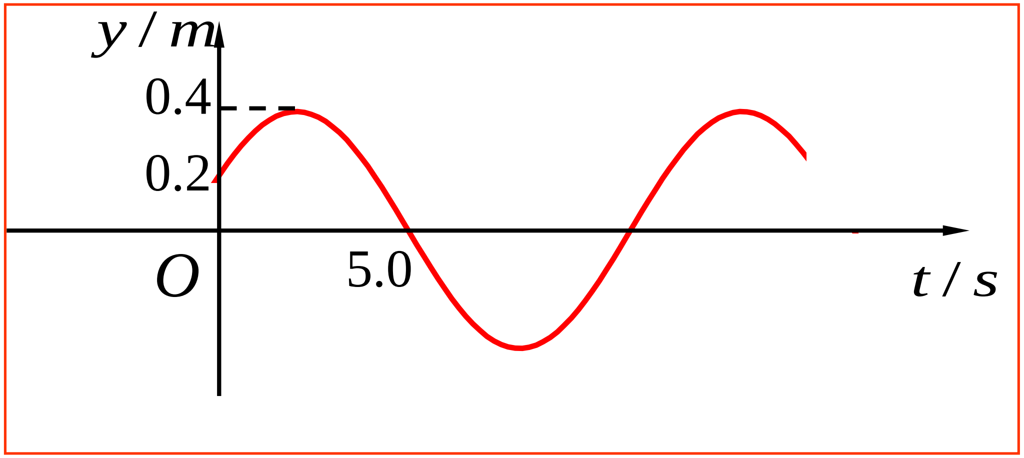
$$\varphi(x) = \Phi(0, x) = \mp kx + \varphi$$

$$\varphi = \varphi(x = 0) = \Phi(t = 0, x = 0)$$

$$y = A\cos[\omega(t - t_0) \mp k(x - x_0) + \Phi(t_0, x_0)]$$

$$y = A\cos[\omega t \mp k(x - x_0) + \varphi(x_0)]$$

10-17 一平面简谐波，波长为12m，沿x轴负向传播. 图示为$x = 1.0\text{m}$处质点的振动曲线，求此波的波动方程.



$$y = A\cos(\omega t + kx + \varphi)$$

$$y = 0.4m\cos(\omega t + \frac{2\pi}{12}x + \varphi)$$

$$y = 0.4m\cos[\omega t + \frac{2\pi}{12}(x - 1.0) + \varphi(1.0)]$$

$$y = 0.4m\cos[\omega t + \frac{2\pi}{12}(x - 1.0) - \frac{\pi}{3}]$$

$$\omega\Delta t = \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2} \qquad \omega = \frac{\pi}{6}$$

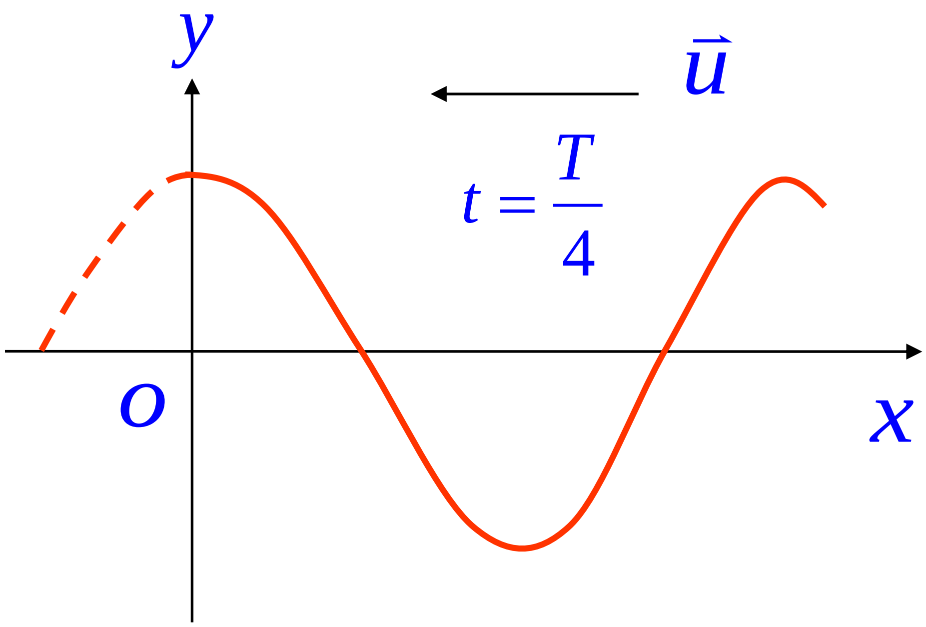
$$y = 0.4m\cos(\frac{\pi}{6}t + \frac{\pi}{6}x - \frac{\pi}{2})$$

例3、一平面简谐波向 ox 轴负向传播，已知其 $t=\frac{T}{4}$ 时的波形曲线，设波速为 u，振幅为A，波长为λ，求

（1）波动方程

（2）距o点为$\frac{3\lambda}{8}$处质点的振动方程

（3）距o点为 $\frac{\lambda}{8}$ 处质点在 $t=0$ 时的振动速度



$$y = A\cos[\frac{2\pi}{\lambda}(ut + x) + \varphi]$$

$$\Phi(t = \frac{T}{4}, x = 0) = \omega t \mp kx + \varphi = 0$$

$$y = A\cos\{\frac{2\pi}{\lambda}[u(t - \frac{T}{4}) + (x - 0)] + 0\}$$

$$y = A\cos[\frac{2\pi}{\lambda}(ut + x) - \frac{\pi}{2}]$$

5、驻波

驻波方程（一般）

$$y_1 = A\cos(\omega t - kx + \varphi_1)$$

$$y_2 = A\cos(\omega t + kx + \varphi_2)$$

$$y = 2A\cos\left(kx - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)\cos\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)$$

（2）驻波的特征

$$\left|\cos\left(kx - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)\right| = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$ 确定 波腹 波节

$$kx-\frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}=\begin{cases}\pm m\pi \\ \pm(m+\frac{1}{2})\pi\end{cases} \qquad m=0,1,2\cdots$$

$$kx-\frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}=\frac{1}{2}[(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)]$$

波腹（同相）

$$\Delta\Phi=(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)=\pm 2m\pi$$

波节（反相）

$$\Delta\Phi=(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)=\pm(2m+1)\pi$$

9 如果入射波是 $y_1 = A\cos 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})$，在 $x=\lambda$ 处反射后形成驻波，反射点为波节，设反射后波的强度不变，则反射波的方程式为____________________，在 $x=\frac{2}{3}\lambda$ 处质点合振动的振幅等于______.

$$y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda})-3\pi) \qquad \sqrt{3}A$$

$$y_1 = A\cos 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$$

$$y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}) + \varphi]$$

$x = \lambda$　波节

$$\Delta\Phi = [2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}) + \varphi] - 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) = \pi$$

$$\Delta\Phi = 2\pi + \varphi - 2\pi(-1) = \pi$$

$$\varphi = -3\pi$$

$$y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}) - 3\pi)$$

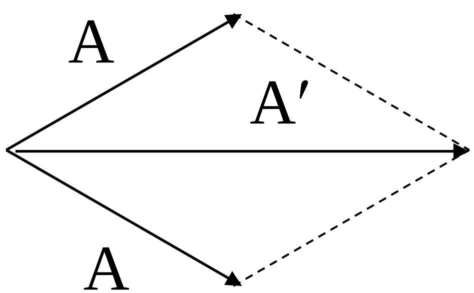
$$x = \frac{2}{3}\lambda \qquad A' = \left| 2A\cos(kx - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}) \right|$$

$$= 2A\left|\cos[\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{2\lambda}{3} - \frac{0-(-3\pi)}{2}]\right|$$

$$= 2A\cos\frac{\pi}{6} = \sqrt{3}A$$

$$\Delta\Phi = [2\pi(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda}) - 3\pi] - 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})$$

$$= 2\frac{2\pi}{\lambda}\frac{2\lambda}{3} - 3\pi = -\frac{\pi}{3}$$



$$A' = 2A\cos\frac{\pi}{6} = \sqrt{3}A$$